

Réseaux mesh 5G hybrides

- Laboratoire d'accueil : Sorbonne Université - Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (LIP6)
- Directrice de thèse : Thi-Mai-Trang Nguyen (Thi-Mai-Trang.Nguyen@lip6.fr)

1 Description du sujet

L'infrastructure des réseaux 5G et au delà évolue vers le Edge computing [6]. Au lieu d'être déployées dans le cloud centralisé, les applications sont hébergées dans les Edge datacenters qui sont de plus en plus proches des utilisateurs pour réduire le délai de-bout-en-bout. Plusieurs applications de la 5G comme la e-santé, l'industriel 4.0, le transport intelligent et les réseaux d'intervention d'urgence ont besoin du Edge computing pour assurer les interactions en temps réel, le haut débit et la haute disponibilité.

Le Wi-Fi est une technologie sans fil alternative pour accéder au Edge Computing. Les technologies comme Green PI [5] permettent d'avoir une plateforme Edge computing constituée des noeuds ayant la capacité de calcul et dotés des interfaces Wi-Fi pour s'interconnecter sous la forme d'un réseau mesh.

Cette proposition de thèse est dans le contexte du réseau mesh 5G hybride. Chaque noeud du réseau mesh est un routeur possédant d'une interface Wi-Fi et d'une interface 5G. De cette manière, chaque noeud peut être vu comme un point d'accès 5G à faible portée ou un point d'accès Wi-Fi auquel les utilisateurs peuvent se connecter. Les routeurs mobiles sont interconnectés entre eux comme un réseau ad-hoc multi-sauts par les communications directes 5G ou Wi-Fi.

Nous nous intéressons à trois volets dans les réseaux mesh 5G hybrides: le routage, le placement des fonctions applicatives et la sélection de technologie sans-fil au niveau liaison. Prenons un exemple de réseau d'intervention d'urgence des pompiers. Des noeuds mesh peuvent être associés aux agents de pompier, aux robots ou être déployés comme des balises sur une zone géographique. Nous nous intéressons à déterminer le chemin optimal dans ce réseau pour transmettre un flux vidéo ou des mesures entre les terminaux utilisateurs, vers le centre de commandement ou vers un serveur sur le cloud centralisé. Selon les conditions du canal, les technologies sans-fil Wi-Fi et 5G peuvent être sélectionnées ou combinées pour fournir la Qualité de Service demandée. En fonction du déplacement des utilisateurs, certaines applications ont besoin d'être déployées localement dans un sous ensemble des noeuds mesh pour assurer une continuité ou une haute disponibilité de service. L'objectif de la thèse est de proposer des algorithmes pour l'optimisation de performances de cet environnement.

2 Méthodologie et le travail détaillé

Le protocole de routage à étudier en particulier est le protocole Optimized Link State Routing (OLSR) avec Qualité de Service [2]. Il est important de maîtriser le comportement de ce protocole dans un environnement hybride. Par exemple, comment la détection de voisins s'effectue avec deux liens en parallèle, un en Wi-Fi et un autre en 5G ? Comment définir la table de routage en cas de liaisons multiples entre deux voisins ? Pour la sélection de technologie sans-fil, il est nécessaire de proposer des méthodes pour l'estimation de la qualité de la liaison. Les méthodes comme le filtre de Kalman [7], Expected Transmission Count metric [4] ou l'apprentissage automatique [3] sont à explorer. Enfin, les algorithmes pour le placement des fonctions virtuelles [1] dans un réseau fixe peuvent être adaptés pour l'environnement des réseaux mesh mobiles.

En résumé, le travail de la thèse consiste à :

- Faire une recherche bibliographique sur les réseaux mesh 5G hybrides et les technologies sans fil associées
- Etudier le protocole de routage OLSR avec Qualité de Service et la simulation de ce protocole avec le simulateur réseaux NS3

- Proposer des adaptations au protocole OLSR pour la transmission en parallèle sur les liaisons multiples
- Explorer les méthodes d'estimation de la qualité des liens et proposer une méthode pour les liaisons hybrides
- Modéliser le problème de placement de fonctions dans les routeurs mesh mobiles et proposer un algorithme pour l'optimiser
- Une plateforme expérimentale du réseau mesh hybride est disponible pour le proof-of-concept

3 Profil du candidat

- Bonnes connaissances des simulateurs réseaux comme NS3
- Bonnes connaissances en intelligence artificielle et machine learning
- Des connaissances solides en réseaux et algorithmes
- Intérêt pour la programmation et très bonnes compétences en programmation
- Bon niveau en français et en anglais

References

- [1] B. Addis et al. "Virtual Network Functions Placement and Routing Optimization". In: *IEEE 4th International Conference on Cloud Networking (CloudNet)*. 2015.
- [2] H. Badis et al. "QoS for Ad Hoc Networking Based on Multiple Metrics: Bandwidth and Delay". In: *The Fifth IEEE International Conference on Mobile and Wireless Communications Networks (MWCN)*. 2003.
- [3] G. Cerar et al. "Machine Learning for Wireless Link Quality Estimation: A Survey". In: *IEEE Communications Surveys Tutorials* 23 (2021), pp. 696–728.
- [4] D. S. De Couto et al. "A High-Throughput Path Metric for Multi-Hop Wireless Routing". In: *Wireless Networks* 11 (2005), pp. 419–434.
- [5] *Green PI*. <https://www.green-communications.fr/technology/>.
- [6] N. Hassan, K-L. A. Yau, and C. Wu. "Edge Computing in 5G: A Review". In: *IEEE Access* 7 (2019), pp. 127276–127289.
- [7] M. Senel et al. "A Kalman filter based link quality estimation scheme for wireless sensor network". In: *IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM)*. 2007.